

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-349014

(P2000-349014A)

(43)公開日 平成12年12月15日(2000.12.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 2 5 W 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 5 F 0 4 6
G 0 3 F 9/00		G 0 3 F 9/00	H

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-158393

(22)出願日 平成11年6月4日(1999.6.4)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 福井 達雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 100077919

弁理士 井上 義雄

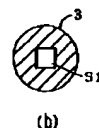
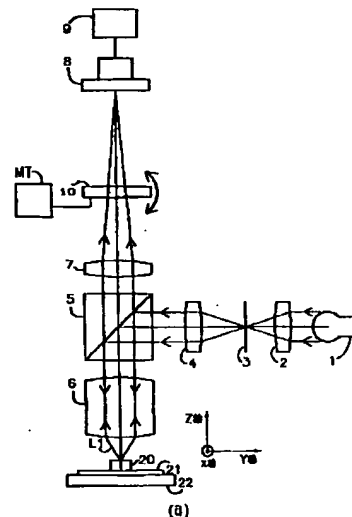
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 重ね合わせ測定装置及び該装置を用いた半導体デバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】結像光学系の色分散特性に応じて色(波長)により発生する重ね合わせマークのずれを調整でき、正確に重ね合わせを測定できる装置等を提供すること。

【解決手段】 少なくとも第1のマークと第2のマークとを有する基板を照明するための照明光学系1~6と、前記各マークの像を形成するための結像光学系6~7と、前記各マーク像を検出するための撮像部8と、前記撮像部からの出力信号に基づいて前記第1のマークと前記第2のマークとの重ね合わせずれ量を求めるための演算処理部9とを有する重ね合わせ測定装置において、前記結像光学系は、前記撮像部の撮像面で発生する色による前記各マーク像のずれを所定の情報に基づいて調整する調整部10を含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも第1のマークと第2のマークとを有する基板を照明するための照明光学系と、前記各マークの像を形成するための結像光学系と、前記各マーク像を検出するための撮像部と、前記撮像部からの出力信号に基づいて前記第1のマークと前記第2のマークとの重ね合わせずれ量を求めるための演算処理部とを有する重ね合わせ測定装置において、前記結像光学系は、前記撮像部の撮像面における色による前記各マーク像のずれを所定の情報に基づいて調整する調整部を含むことを特徴とする重ね合わせ測定装置。

【請求項2】 前記基板に施される各処理工程に応じて発生する前記マーク像のずれを調整するために、前記マーク像のずれの調整値を前記各処理工程毎に記憶する記憶部を配置し、前記調整部は、前記所定の情報として、前記記憶部に記憶された前記各処理工程毎の前記マーク像のずれの調整値に基づいて、前記マーク像のずれを光学的に調整することを特徴とする重ね合わせ測定装置。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の重ね合わせ測定装置を用いて前記第1のマークと前記第2のマークとのずれ量を求める工程と、前記ずれ量に基づいて、所定のパターンを有するマスクと前記基板との相対的な位置合わせを行うためのオフセット値を求める工程と、前記オフセット値に基づいて前記マスクと前記基板との相対的な位置合わせを行う工程と、前記マスクのパターンを前記基板に露光する工程とを含むことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項4】 基板に形成された位置合わせ用マークを位置検出光学系で検出する工程と、前記位置検出光学系の光学特性により生ずる前記位置合わせ用マークの色による結像位置のずれを調整する工程と、前記基板の位置合わせを行う工程と、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板に露光する工程とを含むことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、重ね合わせ装置及び該装置を備える半導体デバイス製造方法、特に、マスク面上に形成されている電子回路パターンを投影光学系によりウエハ面に投影露光するときに、ウエハ面上の状態を観察し、これによりマスクとウエハとの相対的な位置合わせを行い高集積度の半導体デバイスを製造する場合に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子を製造するためのフォトリソグラフィ工程においては、マスクに形成された回路パ

ーンを投影光学系によりウエハ上に投影露光する。このとき、投影露光に先立って観察装置を用いてウエハ面を観察することによりウエハ上の位置合わせ用マークを検出し、この検出結果に基づいてマスクとウエハとの相対的な位置合わせ、いわゆるアライメントを行っている。アライメントは、重ね合わせ測定装置を用いて投影露光工程において形成されたレジストパターンと下地パターンとの重ね合わせズレ量を測定することにより行う。重ね合わせ測定装置は重ね合わせ（位置合わせ）用マークに対して照明光を照射し、該マークからの反射光を結像光学系を介して所定面に結像し、このマーク像をCCDカメラ等で撮像して画像処理を行い、重ね合わせズレ量を測定する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、重ね合わせ用マークからの反射光が広い波長スペクトルを有している場合、結像光学系固有の色分散特性の影響で結像位置がシフトしてしまい、装置固有の測定誤差値、いわゆるTIS値（Tool Induced Shift）を生ずる原因の一つとなる。また、フォトリソグラフィ工程の種類によっては、同一のウエハ内においても各ショット（露光領域）間で重ね合わせマークからの反射光の波長スペクトルが異なることがある。このため、同一ウエハ内でもTIS値がばらついてしまうことがある。この場合、投影露光装置にフィードバックするマスクとウエハとの重ね合わせのズレ量の信頼性が低くなってしまい、正確に重ね合わせで露光できずに歩留まりが低下するという問題がある。

【0004】本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、結像光学系の色分散特性に応じて色（波長）により発生する重ね合わせマークのずれを調整でき、正確に重ね合わせを測定できる装置と、該装置を用いてマスクとウエハとを正確にアライメントすることができる半導体デバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、少なくとも第1のマークと第2のマークとを有する基板を照明するための照明光学系と、前記各マークの像を形成するための結像光学系と、前記各マーク像を検出するための撮像部と、前記撮像部からの出力信号に基づいて前記第1のマークと前記第2のマークとの重ね合わせずれ量を求めるための演算処理部とを有する重ね合わせ測定装置において、前記結像光学系は、前記撮像部の撮像面における色による前記各マーク像のずれを所定の情報に基づいて調整する調整部を含むことを特徴とする重ね合わせ測定装置を提供する。

【0006】また、本発明の好ましい態様では、前記基板に施される各処理工程に応じて発生する前記マーク像のずれを調整するために、前記マーク像のずれの調整値を前記各処理工程毎に記憶する記憶部を配置し、前記調整部は、前記所定の情報として、前記記憶部に記憶さ

れた前記各処理工程毎に前記マーク像のずれの調整値に基づいて、前記マーク像のずれを光学的に調整することが望ましい。

【0007】また、本発明は、請求項1又は2に記載の重ね合わせ測定装置を用いて前記第1のマークと前記第2のマークとのずれ量を求める工程と、前記ずれ量に基づいて、所定のパターンを有するマスクと前記基板との相対的な位置合わせを行うためのオフセット値を求める工程と、前記オフセット値に基づいて前記マスクと前記基板との相対的な位置合わせを行う工程と、前記マスクのパターンを前記基板に露光する工程とを含むことを特徴とする半導体デバイス製造方法を提供する。

【0008】また、本発明は、基板に形成された位置合わせ用マークを位置検出光学系で検出する工程と、前記位置検出光学系の光学特性により生ずる前記位置合わせ用マークの色による結像位置のずれを調整する工程と、前記基板の位置合わせを行う工程と、前記マスクのパターン像を投影光学系を介して前記基板に露光する工程とを含むことを特徴とする半導体デバイス製造方法を提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基いて本発明の実施の形態を説明する。

(第1実施形態)図1(a)は、第1実施形態にかかる重ね合わせ測定装置の概略構成を示す図である。光源1から射出した照明光束はコンデンサーレンズ2により集光され視野絞り3を均一に照明する。視野絞り3は図1(b)に示すように矩形開口部S1を有する。次に、視野絞り3を通過した光束は照明リレーレンズ4により略平行光束に変換され(コリメートされ)、ハーフプリズム5で反射される。そして、第1対物レンズ6により集光され、重ね合わせマーク20を有するウエハ21を垂直に照射する。ここで、視野絞り3とウエハ21とは共役な位置にある為、絞り3の開口部S1の形状に応じたウエハ21上の領域が均一に照明される。また、ウエハ21は回転機構を有するステージ22上に載置されており、光軸AXを中心にステージを回転することで測定方向の設定を変えることができる。

【0010】照明されたウエハ上の重ね合わせマーク20からの反射光L1は第1対物レンズ6によってコリメートされ、ハーフプリズム5を透過し、第2対物レンズ7によって再び集光され、色分散調整機能を有する平行平板10を透過する。そして、光束L1は撮像素子CCD8上に重ね合わせマーク20の像を結像する。図2(a)、(b)は、重ね合わせ(レジスト)マーク20の構成を示す図である。演算処理装置9は、エッジ検出等の画像処理を行い、重ね合わせマーク20のマーク中心位置C1と下地マーク中心位置C2との差Rを重ね合わせズレ量として算出する。好ましくは、図3及び図4に示すようにショット領域S1～S5が各々有するマ

クM1～M5を所定方向(図3)と、該所定方向に対してウエハ21を180度回転させた方向(図4)とにおいて2回の重ね合わせズレ量の測定を行うことが望ましい。そして、所定方向における測定結果をR₀、該方向に対して180度回転した方向での測定結果をR₁₈₀とそれぞれしたとき、本装置が有する測定ズレ量のTIS値は次式により求められる。

$$【0011】TIS = (R_0 + R_{180}) / 2$$

ここで、TISが生じる原因の1つとして、上述したように重ね合わせマーク20からの反射光の色(波長)の違いによるマーク像全体の結像位置のズレが考えられる。図5は、マーク21をCCD上に結像するための第1対物レンズ6とハーフプリズム5と第2対物レンズ7とからなる結像光学系が非対称な色分散特性を有していない場合における、青色光の結像位置IBと赤色光の結像位置IRとをそれぞれ示している。図からわかるように、IBとIRとはそれぞれ視野中心Cを通る軸Lに対して対称な位置に結像している。これに対して、結像光学系が色分散特性を有していると、図6に示すように、青色光の結像位置IBと赤色光の結像位置IRとが軸Lに対して非対称となる。このため、上記手順による重ね合わせズレ量の測定値が測定装置固有のTIS値を含むことになる。非対称な色分散特性を生ずる原因としては、結像光学系を構成する光学素子が偏芯することによるプリズム効果が挙げられる。また、結像光学系が有する色分散量も装置毎に固体差がある。

【0012】次に、上述の色の違いによるマーク結像位置のズレを調整する平行平板10の機能を説明する。図7に示すように、CCD8の撮像面(結像面)Sに向けて同一光路を進行してきたマークからの反射光のうち波長の異なる光束、例えば青色光LB(実線)と赤色光LR(破線)とを考える。2光束LB、LRが平行平板10を透過する場合、図8に示すように平行平板10が光軸AXに対して角度θだけ傾斜しているとプリズム効果によって光束LBとLRとは異なる光路を通り像面Sで異なる位置で結像する。このことは、光軸外の光束LB'とLR'についても同様である。このように、反射光の波長によってCCD上のマーク像の結像位置が異なる。LBとLRとの結像位置の差Δは平行平板10の傾斜角θをモータMT(図1)により変化させることにより調整することができる。従って、平行平板10の傾き角度を調整することで色による結像位置のずれを補正できる。

【0013】(第2実施形態)図9は、上記重ね合わせ測定装置を備えた投影露光装置の全体構成を概略的に示す図である。図示の投影露光装置において、光源31から射出された光は、照明光学系32を介して、所定のパターンが形成されたマスク33を均一に照明する。

【0014】なお、光源31から照明光学系32までの光路には、必要に応じて光路を偏向するための1つ又は

複数の折り曲げミラーが配置される。また、光源31と投影露光装置本体とが別体である場合には、光源31からの光の向きを常に投影露光装置本体へ向ける自動追尾ユニットや、光源31からの光の光束断面形状を所定のサイズ・形状に整形するための整形光学系、光量調整部などの光学系が配置される。また、照明光学系32は、例えばフライアイレンズや内面反射型インテグレートからなり所定のサイズ・形状の面光源を形成するオプティカルインテグレートや、マスク33上での照明領域のサイズ・形状を規定するための視野絞り、この視野絞りの像をマスク上へ投影する視野絞り結像光学系などの光学系を有する。さらに、光源31と照明光学系32との間の光路はケーシング（不図示）で密封されており、光源31から照明光学系32中の最もマスク側の光学部材までの空間は、露光光の吸収率が低い気体であるヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されている、マスク33は、マスクホルダ34を介して、マスクステージ35上においてXY平面に平行に保持されている。マスク33には転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体のうちY方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形状（スリット状）のパターン領域が照明される。マスクステージ35は、図示を省略した駆動系の作用により、マスク面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はマスク移動鏡36を用いた干渉計37によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0015】マスク33に形成されたパターンからの光は、投影光学系38を介して、感光性基板であるウエハ39上にマスクパターン像を形成する。ウエハ39は、ウエハホルダ40を介して、ウエハステージ41上においてXY平面に平行に保持されている。そして、マスク33上での矩形状の照明領域に光学的に対応するように、ウエハ39上ではY方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形状の露光領域にパターン像が形成される。

【0016】ウエハステージ41は、図示を省略した駆動系の作用によりウエハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はウエハ移動鏡42を用いた干渉計43によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0017】また、図示の投影露光装置では、投影光学系38を構成する光学部材のうち最もマスク側に配置された光学部材と最もウエハ側に配置された光学部材との間で投影光学系38の内部が気密状態を保つように構成され、投影光学系38の内部の気体はヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されている。

【0018】さらに、照明光学系32と投影光学系38との間の狭い光路には、マスク33及びマスクステージ35などが配置されているが、マスク33及びマスクステージ35などを密封包囲するケーシング（不図示）の

内部に窒素やヘリウムガスなどの不活性ガスが充填されている。

【0019】また、投影光学系38とウエハ39との間の狭い光路には、ウエハ39及びウエハステージ41などが配置されているが、ウエハ39及びウエハステージ41などを密封包囲するケーシング（不図示）の内部に窒素やヘリウムガスなどの不活性ガスが充填されている。このように、光源31からウエハ39までの光路の全体に亘って、露光光がほとんど吸収されることのない雰囲気形成されている。

【0020】上述したように、投影光学系38によって規定されるマスク33上の視野領域（照明領域）及びウエハ39上の投影領域（露光領域）は、X方向に沿って短辺を有する矩形状である。従って、駆動系及び干渉計（37、43）などを用いてマスク33及びウエハ39の位置制御を行いながら、矩形状の露光領域及び照明領域の短辺方向すなわちX方向に沿ってマスクステージ35とウエハステージ41とを、ひいてはマスク33とウエハ39とを同期的に移動（走査）させることにより、ウエハ39上には露光領域の長辺に等しい幅を有し且つウエハ39の走査量（移動量）に応じた長さを有する領域に対してマスクパターンが走査露光される。

【0021】また、マスク33とウエハ39との相対的な位置合わせを行うためのアライメント用光学系ALが投影光学系38の近傍に設けられている。アライメント光学系ALの構成は上記第1実施形態で述べた重ね合わせ測定装置の構成とほぼ同様であるので説明を省略する。

【0022】上記投影露光装置を用いてマスク33上に形成されたパターンをウエハ39に投影露光する際、不図示のマスク搬送装置によりマスクを異なるパターンを有する他のマスクに交換し、ウエハ上に順次異なるパターンを重ね合わせて露光する。このため、アライメント光学系ALにより、例えば第1回目の露光により形成された下地パターンと、第2回目の露光によるレジストパターン（重ね合わせマーク）との重ね合わせずれ量を算出し、アライメントのためのオフセット値を求める。そして、このオフセット値に基づいて、マスクステージ35やウエハステージ41などを移動することによりマスク33とウエハ39との相対的なアライメントを行った後、マスク33のパターンを投影光学系38を介してウエハ39上に露光する。

【0023】次に、本投影露光装置におけるアライメント光学系AL内の平行平面板10の調整手順について述べる。図3に示したように同一ウエハ内でショット領域が異なる重ね合わせマークM1～M5が存在する場合、各マークの膜厚の相違等に起因して反射光のスペクトルが各マーク毎に異なる場合、結像光学系の色分散特性により各マークM1～M5のTIS値への影響度が異なることがある。従って、ある種のリソグラフィ工程におい

10

20

30

40

50

ては、同一ウエハ内においても各マークのTIS値が大きく異なることがある。

【0024】この場合は、ウエハ内のショット領域ごとに色情報（色によるマークの結像位置）が異なるサンプルウエハを用いて、各ショット領域ごとにTIS値を計測し、そのバラツキ（分散 σ ）が最小となるように平行平板10の傾き角度 θ を予め求めておくことが望ましい。例えば、図10（a）は、ある処理工程における傾き角度 θ （横軸）と分散値 σ （縦軸）との関係を示す特性曲線の図である。角度 θ_0 でTIS値の分散 σ が最小となる。これに対して、同一のサンプルウエハの他の処理工程における傾き角度 θ とTIS分散値 σ との関係の特性曲線を図10（b）に示す。図10（a）、（b）から明らかなように、処理工程の違い、例えば、第1回目の露光工程と第2回目の露光工程とにより、特性曲線の形が異なっている。このため、サンプルウエハを用いて各処理工程ごとにTIS分散値が最小となる傾き角度 θ_0 を予め調整値として測定しメモリM（図9）に記憶しておき、実際の被検ウエハを測定する場合に各処理工程毎に記憶された傾き角度の最適値 θ_0 となるように平行平板10をモータMTにて傾けることでマーク像のずれを光学的に調整する。かかる手順により、色によるマーク像の結像位置ずれを容易に調整できる。

【0025】また、本実施形態では、各処理工程毎に平行平板10の角度を変えているが、測定時間の短縮化を望む場合、又は複数の処理工程において傾き角度の最適値 θ_0 が略一定である場合などは、平行平板10を1つの角度 θ_0 に設定した状態で複数の処理工程を行っても良い。

【0026】また、本発明は、請求項に記載したものに
30 限られず、以下の構成を取ることも出来る。

（A）少なくとも第1のマークと第2のマークとを有する基板を照明するための照明光学系と、前記各マークの像を形成するための結像光学系と、前記各マーク像を検出するための撮像部と、前記撮像部からの出力信号に基づいて前記第1のマークと前記第2のマークとの重ね合わせずれ量を求めるための演算処理部とを有するアライメント装置において、前記結像光学系は、前記撮像部の撮像面における色による前記各マーク像のずれを所定の情報に基づいて調整する調整部を含むことを特徴とするアライメント装置。

【0027】（B）所定のパターンが形成されたマスクを照明するための照明光学系と、基板に形成された位置合わせ用マークを検出する上記（A）記載のアライメント装置と、前記アライメント装置で得られた重ね合わせずれ量に基づいて前記基板と前記マスクとの相対的な位置合わせを行うための駆動部と、前記マスクのパターンを前記基板に投影露光するための投影光学系とを有することを特徴とする投影露光装置。

【0028】このように、本発明は様々な形態をとるこ
50

とができる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る重ね合わせ測定装置によれば、光学系が有する色分散量を最適値に調整でき、重ね合わせマークからの反射光の波長の違いに起因するマーク像全体の結像位置ズレを防止できる。これにより装置固有の測定誤差の発生を低減し、より高精度な重ね合わせズレ量の測定ができる。また、本発明の半導体デバイス製造方法によれば、マスクとウエハとを相対的に正確に重ね合わせて投影露光できるので、デバイス素子の製造時の歩留まりを向上させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は本発明の第1実施形態にかかる重ね合わせ測定装置の構成、（b）は視野絞りの構成をそれぞれ示す図である。

【図2】（a）、（b）は重ね合わせマークの構成を示す図である。

【図3】0度方向計測時のウエハを示す図である。

【図4】180度方向計測時のウエハを示す図である。

【図5】色分散がない時の波長による結像位置のズレを示す図である。

【図6】色分散がある時の波長による結像位置のズレを示す図である。

【図7】平行平板が傾斜していない時の青色、赤色光束の光路を示す図である。

【図8】平行平板が傾斜している時の青色、赤色光束の光路を示す図である。

【図9】第2実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図10】（a）、（b）は処理工程が異なる場合の傾き角度の特性を示す曲線である。

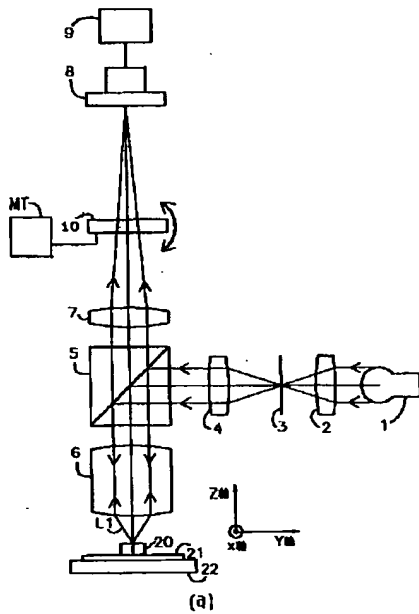
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 コンデンサーレンズ
- 3 視野絞り
- 4 照明リレーレンズ
- 5 ハーフプリズム
- 6 第1対物レンズ
- 7 第2対物レンズ
- 8 撮像素子CCD
- 9 演算処理部
- 10 平行平板
- 20 重ね合わせマーク
- 21、39 ウエハ
- 22 ステージ
- 31 光源
- 32 照明光学系
- 33 マスク
- 34 マスクホルダ

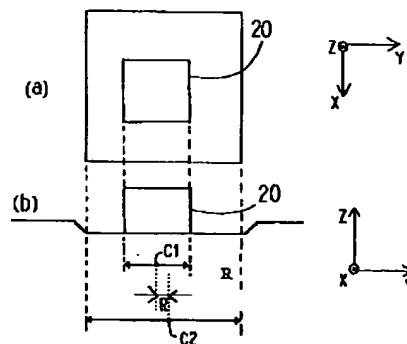
35 マスクステージ
36 マスク移動鏡
37 干渉計
38 投影光学系
40 ウエハホルダ

41 ウエハステージ
42 ウエハ移動鏡
43 干渉計
AL アライメント光学系
M メモリ

【図1】

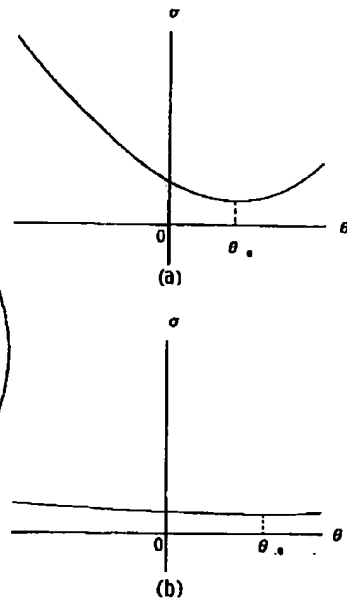


【図2】

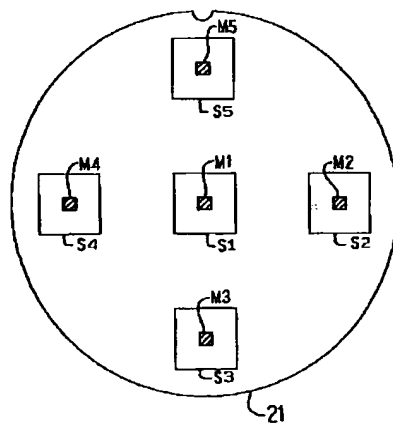
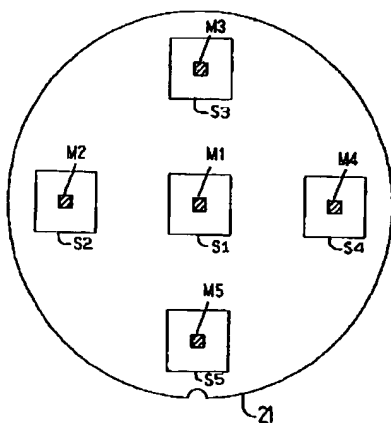


【図4】

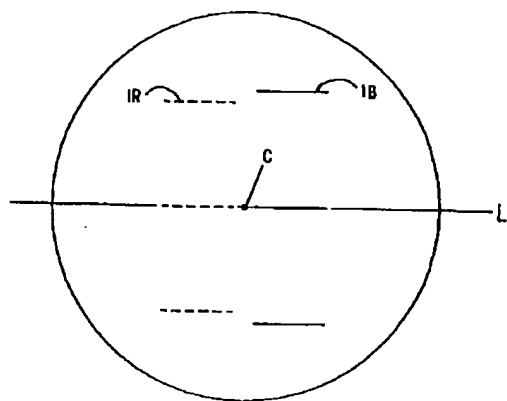
【図10】



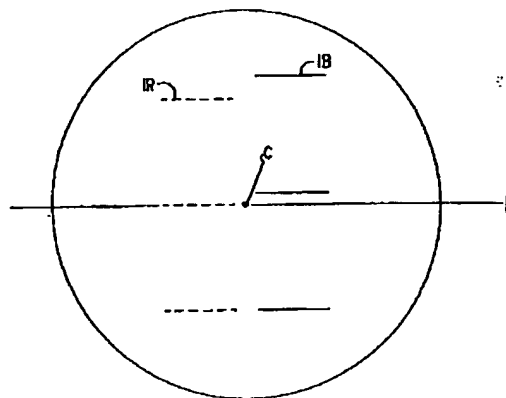
【図3】



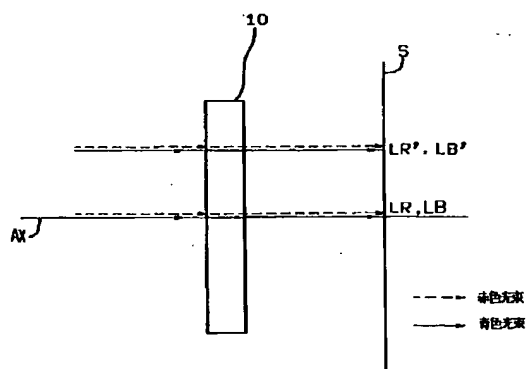
【図5】



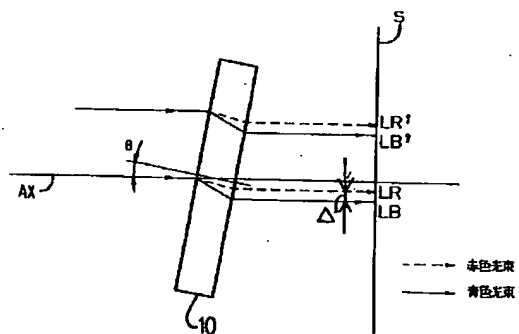
【図6】



【図7】



【図8】



Fターム(参考) 2F065 AA03 AA12 AA14 AA56 BB02
BB29 CC20 DD03 FF42 FF55
FF68 GG00 HH03 JJ03 JJ26
LL09 LL12 MM02 PP12 QQ39
QQ41
5F046 CB26 EB01 FA10 FB09 FB11
FB17 FC04